

# محاضرة

## تصميم وبناء الدوائر المنطقية

By: Zahra Elashaal

### الدوائر التوافقية Combinational Circuits

- قد تكون الدوائر المنطقية للنظم الرقمية دوائر توافقية Combinational Circuits أو متتابعة Sequential Circuits
- تتألف الدائرة التوافقية من بوابات منطقية يتم تحديد مخرجاتها في أي وقت من المدخلات مباشرة (بغض النظر عن المداخل السابقة) ولاوجود للتغذية العكسية.
- تؤدي الدائرة التوافقية عملية معينة من عمليات معالجة المعلومات والتي تكون محددة تماماً تحديداً منطقياً بمجموعة من الدوال المنطقية.
- البيانات المدخلة والخارجة كليهما ممثلة بإشارات ثنائية ( 1, 0 ).
- لكل n من المداخل هناك  $2^n$  احتمالا او توفيقاً ممكناً من توافق قيم المداخل الثنائية.



### تصميم الدوائر التوافقية Design of Combinational Circuits

• يبدأ تصميم الدوائر التوافقية من التحليل اللفظي للمسألة وينتهي بمخطط منطقي للدائرة التوافقية.

• تتألف طريقة التصميم في الخطوات التالية:-

- 1- نقوم بتحليل الشرح اللفظي لمواصفات الدائرة والمذكورة في المسألة ومنها نحدد عدد المتغيرات المدخلة المتاحة والمتغيرات المخرجة المطلوبة ويتم تخصيص رموز حرفية للمتغيرات المدخلة والمخرجة.
- 2- كتابة جدول الصدق والذي يحدد العلاقات المطلوبة بين المدخلات والمخرجات.
- 3- نكتب الدالة المنطقية ونستخدم طرق التبسيط (الجبر البولي أو خرائط كارنوف).
- 4- نرسم الدالة المنطقية المبسطة.

3

• باستخدام البوابات الاساسية (AND,OR,NOT) صمم دائرة لها ثلاثة مدخل ومخرج واحد ويكون قيمة المخرج واحد عندما تكون القيمة الثنائية للمدخل أقل من ثلاثة.

• التحليل :

عدد المدخل يساوي 3 ونرمز لهم (A,B,C)  
عدد المخرج يساوي 1 ونرمز له بالرمز F

• نكتب جدول الصدق للمسألة:

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

4

• نكتب المعادلة المبسطة باستخدام طريقة خرائط كارنوف

**Karnaugh Map:**

	BC		BC̄	
A	1	1	0	1
Ā	0	0	0	0

**Groupings:**

- Group 1:  $\bar{A}B$  (cells 1, 2)
- Group 2:  $\bar{A}\bar{C}$  (cells 1, 4)

**Equation:**  $F = \bar{A}B + \bar{A}\bar{C}$

• نرسم الدالة المنطقية بعد التبسيط

**Logic Circuit:**

5

صمم دائرة لها ثلاثة مداخل ومخرج واحد ويكون قيمة المخرج واحد عندما تكون عدد  $1^s$  في المداخل عدد زوجي. في ماعدى الصفر.

• التحليل:

- عدد المداخل يساوي 3 ونرمز لهم (A,B,C)
- عدد المخرج يساوي 1 ونرمز له بالرمز F

• نكتب جدول الصديق للمسألة:

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

6

• نكتب المعادلة المبسطة باستخدام خرائط كارنوف

**Karnaugh Map:**

	BC		$\overline{BC}$		
	$\overline{B}C$		$B\overline{C}$		
A	$\overline{A}$	0	0	1	0
A	A	0	1	0	1

**Boolean Equations:**

$$F = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC$$
$$F = C(\overline{A}B + A\overline{B}) + ABC$$
$$F = C(A \oplus B) + ABC$$

• نرسم الدالة المنطقية بعد التبسيط

**Logic Circuit:**

7

صمم دائرة لها ثلاثة مداخل ومخرج واحد ويكون قيمة المخرج واحد إذا كانت القيمة العشرية للمداخل تقبل القسمة على 3.

• التحليل:

عدد المداخل يساوي 3 ونرمز لهم (A,B,C)

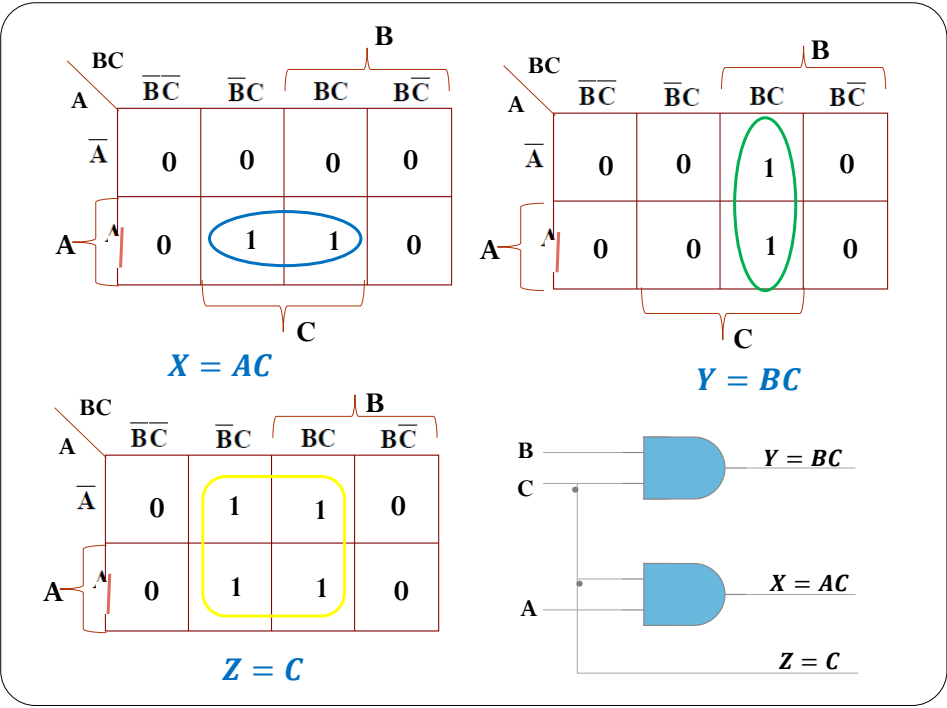
عدد المخرج يساوي 1 ونرمز له بالرمز F

• نكتب جدول الصديق للمسألة:

#	A	B	C	F
0	0	0	0	1
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	0

8





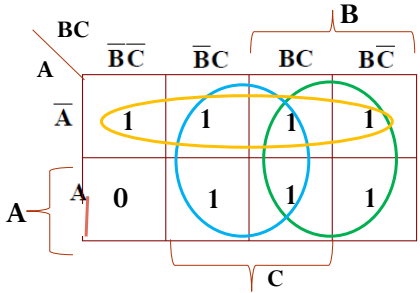
صمم دائرة لها ثلاث مداخل ومخرج واحد ولا تعمل فقط عندما يكون المدخل

الأول A أكبر الجميع ؟ (100)

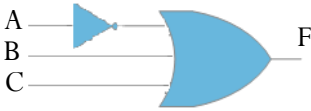
عدد المداخل يساوي 3 هي (A,B,C) عدد المخرج يساوي 1 هو (F)

• نكتب جدول الصديق للمسألة:

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



$F = \bar{A} + B + C$



#	A	B	C	D	W	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0
10	1	0	1	0	X	X	X	X
11	1	0	1	1	X	X	X	X
12	1	1	0	0	X	X	X	X
13	1	1	0	1	X	X	X	X
14	1	1	1	0	X	X	X	X
15	1	1	1	1	X	X	X	X

صمم دائرة محول الشفرة BCD بحيث يكون  
الخرج لكل حالة هو قيمة الدخل مضاف اليه 3

عدد المداخل يساوي 4 ونرمز لهم (A,B,C,D)  
عدد المخرجات يساوي 4 ونرمز له بالرمز (W,X,Y,Z)  
نكتب جدول الصدق للمسألة حسب فهم وشرح السؤال  
نستخدم خرائط كارنوف لكل مخرج لإيجاد المعادلات.  
نرسم الدالة المنطقية المبسطة.

خرائط كارنوف لكل مخرج والمعادلات

0	0	0	0
0	1	1	1
X	X	X	X
1	1	X	X

$$w = A + BC + BD$$

0	1	1	1
1	0	0	0
X	X	X	X
0	1	X	X

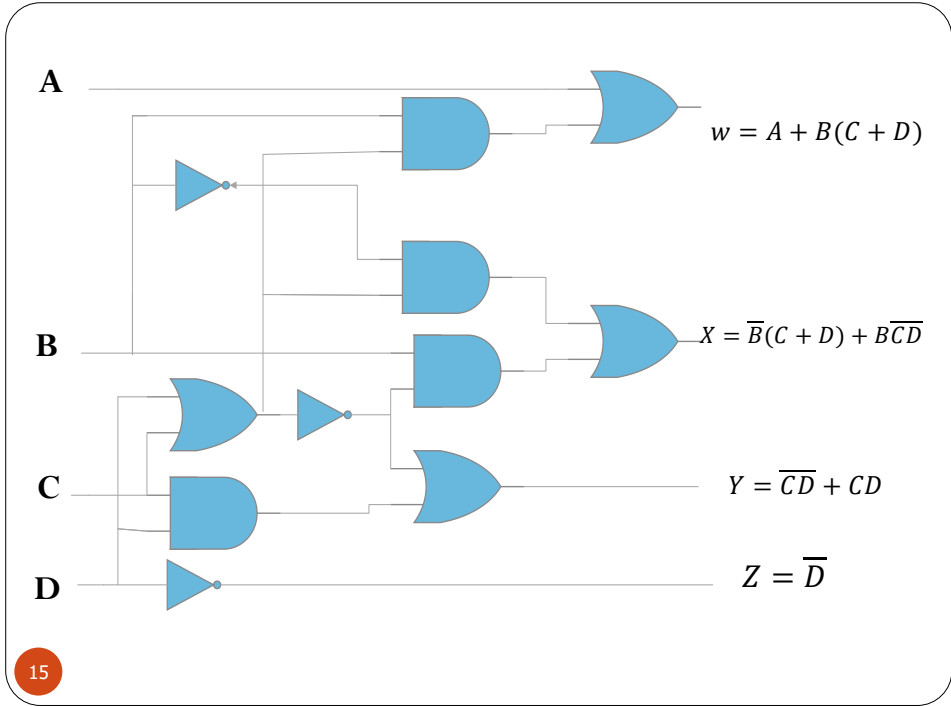
$$X = \overline{B}C + \overline{B}D + B\overline{C}\overline{D}$$
$$X = \overline{B}(C + D) + B(\overline{C} + \overline{D})$$
$$X = B \oplus (C + D)$$

1	0	1	0
1	0	1	0
X	X	X	X
1	0	X	X

$$Y = \overline{C}\overline{D} + CD$$
$$Y = \overline{C} \oplus \overline{D}$$

1	0	0	1
1	0	0	1
X	X	X	X
1	0	X	X

$$Z = \overline{D}$$



15

## تصميم الدوائر الرقمية باستخدام بوابات الـ NOR فقط او NAND فقط

- عندما يتم تصنيع الدائرة المنطقية في شكل دائرة متكاملة Integrated Circuit أو IC فإنه عادة ما يتم بناء الدائرة المنطقية بالكامل باستخدام نوع واحد فقط من البوابات. وهي إما بوابات NAND او بوابة NOR
- في بناء الدوائر الرقمية يتم استخدام بوابات NAND , NOR أكثر من بوابات الـ NOT, AND, OR لأنها أسهل صنعاً بالمكونات الإلكترونية .
- كما أن بناء دائرة رقمية باستخدام بوابات الـ NAND فقط أو NOR فقط يقلل من عدد IC's المستخدمة .
- ونظراً لأهمية بوابات NAND , NOR في تصميم الدوائر الرقمية تم استنباط قواعد وأساليب لتحويل النوال المنطقية المعطاة على أساس AND OR, NOT ومخططات NAND , NOR المنطقية المكافئة لها.

16

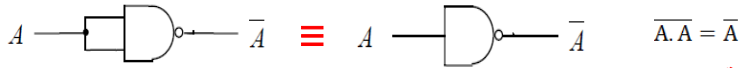


### كفاية عملية NAND (Sufficiency of NAND)

المقصود بكفاية عملية NAND هو أن العمليات المنطقية الأساسية الثلاث (NOT، AND، OR) يمكن إجراؤها جميعاً باستخدام بوابات NAND فقط. وبالتالي يمكن بناء أي دائرة منطقية بالكامل باستخدام بوابات NAND،

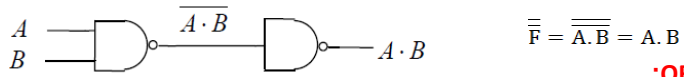
**عملية NOT:**

يمكن أن نقوم باستخدام بوابة NAND كعاكس منطقي بربط جميع أطراف الدخل لها في طرف واحد



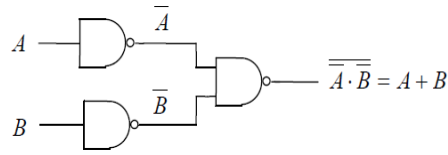
**عملية AND:**

يمكن إجراء عملية AND عن طريق إجراء عملية NAND متبوعة بعملية عكس منطقي



**عملية OR:**

يمكن إجراء عملية OR عن طريق إجراء عملية NAND مسبقة بعملية عكس منطقي لكل طرف من أطراف الدخل



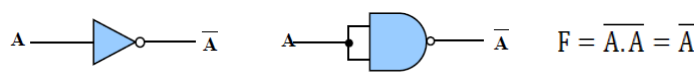
A	B	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$\overline{\bar{A} \cdot \bar{B}}$	$A + B$
0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	1	1

### أولاً : تنفيذ الدوائر الرقمية باستخدام بوابة الـ NAND

يقال عن بوابة الـ NAND أنها بوابة عامة لأن بالإمكان تنفيذ أي نظام رقمي بها. يتم تنفيذ بوابات NOT, AND, OR باستخدام بوابات NAND فقط كالآتي :

1. **بوابة NOT**

$A \cdot A = A$   
 $\bar{A} \cdot \bar{A} = \bar{A}$       ننفي الطرفين :



أولا : تنفيذ الدوائر الرقمية باستخدام بوابة الـ NAND

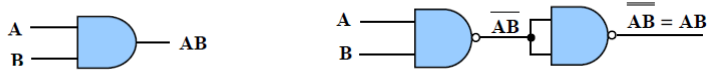
2. بوابة AND

F = A . B

F̄ = Ā . B̄      نفي الطرفين :

نفي الطرفين مرة أخرى :

F̄̄ = Ā̄ . B̄̄ = A . B



أولا : تنفيذ الدوائر الرقمية باستخدام بوابة الـ NAND

2. بوابة OR

F = A + B

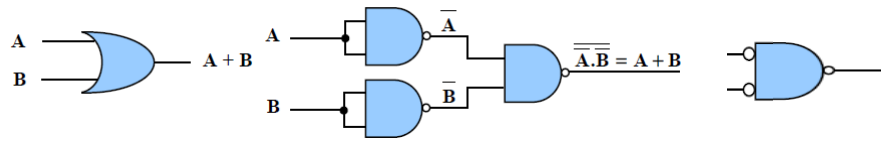
F̄ = Ā + B̄      نفي الطرفين :

نطبق نظرية ديمورجان :

F̄ = Ā . B̄

نفي الطرفين مرة أخرى :

F̄̄ = Ā̄ . B̄̄ = A . B



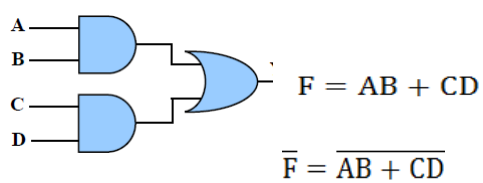
خطوات تنفيذ الدوائر المنطقية باستخدام بوابات ال NAND فقط

● يتطلب تنفيذ الدالة المنطقية ببوابات NAND أن تكون الدالة مبسطة في صورة مجموع حواصل الضرب (SOP) ثم تنفيذ التالي:

1. نفي طرفي الدالة ( المعادلة ) المنطقية.
2. تطبيق نظرية دي مورجان.
3. نفي طرفي الدالة المنطقية مرة أخرى.
4. رسم الدائرة باستخدام بوابات NAND فقط.

21

نفذ المعادلة المنطقية باستخدام بوابات ال NAND فقط



1. نفي طرفي المعادلة:-

$$\overline{F} = \overline{AB + CD}$$

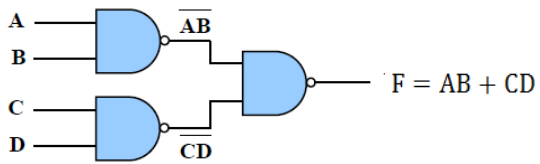
2. تطبيق نظرية دي مورجان الطرف الأيمن

$$\overline{F} = \overline{AB} \cdot \overline{CD}$$

3. نفي طرفي المعادلة مرة أخرى

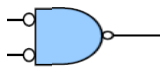
$$\overline{\overline{F}} = \overline{\overline{AB} \cdot \overline{CD}}$$

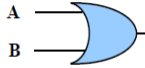
4. رسم الدائرة باستخدام بوابات NAND



22

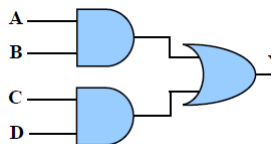
**نقد المعادلة المنطقية باستخدام بوابات الـ NAND فقط**

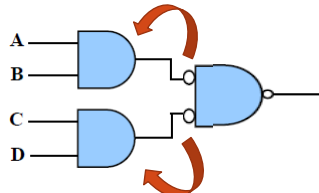
  
تكافئ

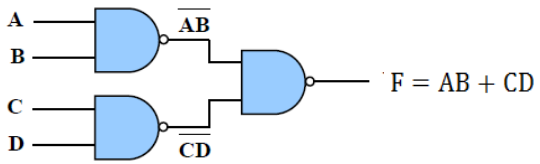
  
 $A + B$

$F = AB + CD$

نقوم باستبدال بوابة OR ببوابة NAND ذات المداخل المنفية





  
 $F = AB + CD$

23

**كفاية عملية NOR (Sufficiency of NOR)**

المقصود بكفاية عملية NOR هو أن العمليات المنطقية الأساسية الثلاث (NOT، AND، OR) يمكن إجراؤها جميعاً باستخدام بوابات NOR فقط. وبالتالي يمكن بناء أي دائرة منطقية بالكامل باستخدام بوابات NOR،

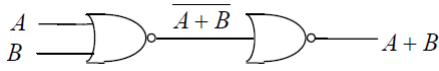
**عملية NOT:**

يمكن أن نقوم باستخدام بوابة NOR كعاكس منطقي بربط جميع أطراف الدخل لها في طرف واحد



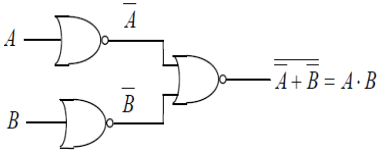
**عملية OR:**

يمكن إجراء عملية OR عن طريق إجراء عملية NOR متبوعة بعملية عكس منطقي.



**عملية AND:**

يمكن إجراء عملية AND عن طريق إجراء عملية NOR مسبقة بعملية عكس منطقي لكل طرف من أطراف الدخل



A	B	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\overline{A+B}$	$\overline{\overline{A+B}}$	$A \cdot B$
0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1

ثانياً : تنفيذ الدوائر الرقمية باستخدام بوابة الـ NOR

يقال عن بوابة الـ NOR أنها بوابة عامة لأن بالإمكان تنفيذ أي نظام رقمي بها. يتم تنفيذ بوابات OR,AND,NOT باستخدام بوابات NOR فقط كالتالي:

1. بوابة NOT

$F = A + A$

$\overline{F} = \overline{A + A} = \overline{A}$  نفي الطرفين:



25

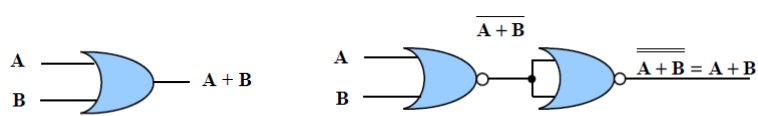
أولاً : تنفيذ الدوائر الرقمية باستخدام بوابة الـ NOR

2. بوابة OR

$F = A + B$

$\overline{F} = \overline{A + B}$  نفي الطرفين:

$\overline{\overline{F}} = \overline{\overline{A + B}}$  نفي الطرفين مرة أخرى:



26

ثانياً : تنفيذ الدوائر الرقمية باستخدام بوابة الـ NOR

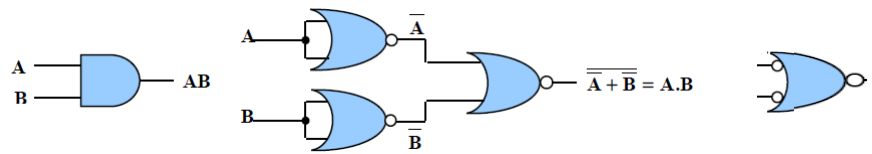
2. بوابة AND

$F = A.B$

$\overline{F} = \overline{A.B}$       نفي الطرفين :

$\overline{F} = \overline{A} + \overline{B}$       نطبق نظرية دي مورجان :

$\overline{\overline{F}} = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$       نفي الطرفين مرة أخرى :



خطوات تنفيذ الدوائر المنطقية باستخدام بوابات الـ NOR فقط

- يتطلب تنفيذ الدالة المنطقية ببوابات NOR أن تكون الدالة مبسطة في صورة ضرب حواصل الجمع (POS) ثم تنفيذ التالي:

1. نفي طرفي الدالة ( المعادلة ) المنطقية.
2. تطبيق نظرية دي مورجان.
3. نفي طرفي الدالة المنطقية مرة أخرى.
4. رسم الدائرة باستخدام بوابات NOR فقط.

### نفذ المعادلة المنطقية باستخدام بوابات ال NOR فقط

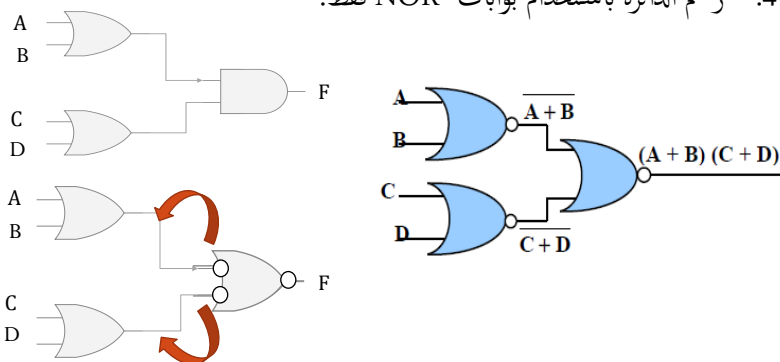
$$F = (A + B) \cdot (C + D)$$

$$\bar{F} = \overline{(A + B) \cdot (C + D)} \quad 1. \text{ نفي طرفي الدالة ( المعادلة ) المنطقية .}$$

$$\bar{F} = \overline{(A + B)} + \overline{(C + D)} \quad 2. \text{ تطبيق نظرية ديمورجان}$$

$$\bar{\bar{F}} = \overline{\overline{(A + B)} + \overline{(C + D)}} \quad 3. \text{ نفي طرفي الدالة المنطقية مرة أخرى .}$$

$$F = \overline{\overline{(A + B)} + \overline{(C + D)}} \quad 4. \text{ رسم الدائرة باستخدام بوابات NOR فقط .}$$



29

### نفذ المعادلة المنطقية باستخدام بوابات ال NOR فقط

$$Y = (\overline{A} \overline{B} + C)(\overline{D} \overline{E} + F)$$

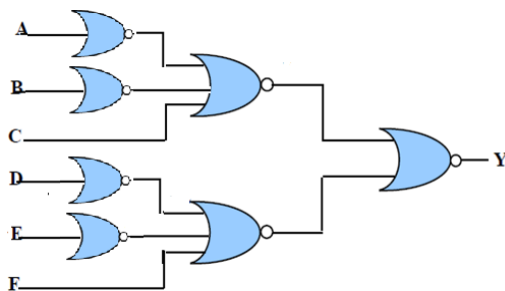
$$Y = (\overline{A + B} + C)(\overline{D + E} + F) \quad \text{نضعها على صورة POS}$$

$$\bar{Y} = \overline{(\overline{A + B} + C)(\overline{D + E} + F)} \quad 1. \text{ نفي طرفي الدالة ( المعادلة ) المنطقية .}$$

$$\bar{Y} = \overline{(\overline{A + B} + C)} + \overline{(\overline{D + E} + F)} \quad 2. \text{ تطبيق نظرية ديمورجان .}$$

$$\bar{\bar{Y}} = \overline{\overline{(\overline{A + B} + C)} + \overline{(\overline{D + E} + F)}} \quad 3. \text{ نفي طرفي الدالة المنطقية مرة أخرى .}$$

$$Y = \overline{\overline{(\overline{A + B} + C)} + \overline{(\overline{D + E} + F)}} \quad 4. \text{ رسم الدائرة باستخدام بوابات NOR فقط .}$$



30

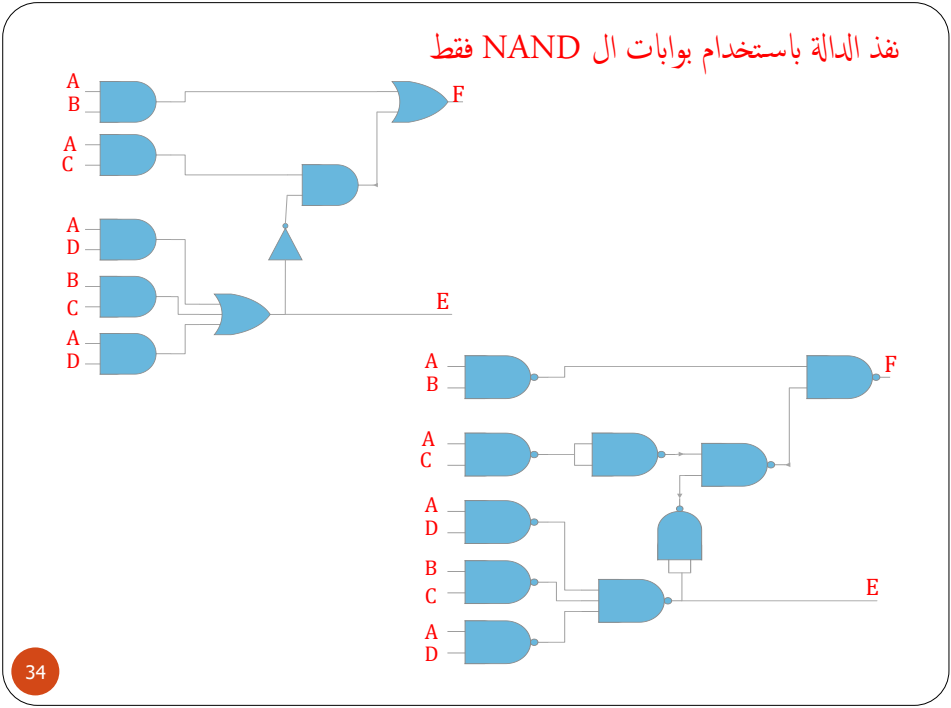
بوابة NOR متعددة المستويات

31

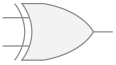
بوابة NAND متعددة المستويات

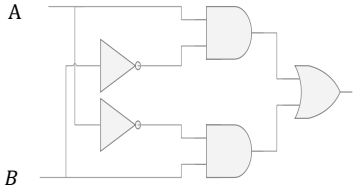
32

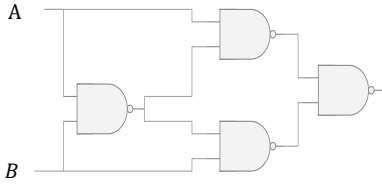


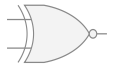


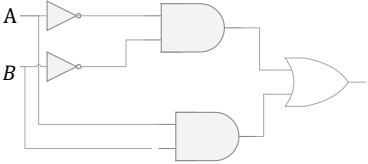
**XOR**      بوابة (عدم) التكافؤ ... بوابة الإختلاف

**XOR**             $F = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$






**XNOR**             $F = \overline{A \oplus B} = AB + \overline{A}\overline{B}$



35

**XOR**            خصائص بوابة (عدم) التكافؤ ... بوابة الاختلاف

التطابق

$A \oplus 0 = A$   
 $A \oplus 1 = \overline{A}$   
 $A \oplus A = 0$   
 $A \oplus \overline{A} = 1$   
 $A \oplus \overline{B} = \overline{A} \oplus B = \overline{A \oplus B}$

A	B	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

التبادل والتنسيق

$A \oplus B = B \oplus A$   
 $(A \oplus B) \oplus C = A \oplus (B \oplus C) = A \oplus B \oplus C$

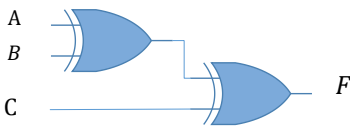
36

XOR وظائف بوابة عدم التكافؤ

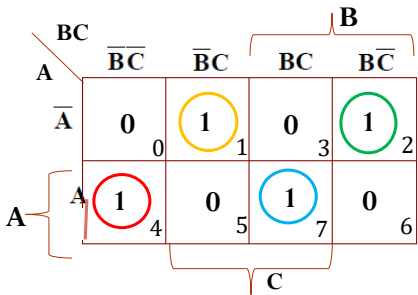
Odd Function

$F = A \oplus B \oplus C$

$F = \sum (1,2,4,7)$



A	B	C	$A \oplus B \oplus C$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



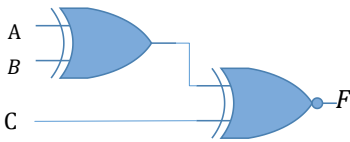
37

XNOR وظائف بوابة التكافؤ

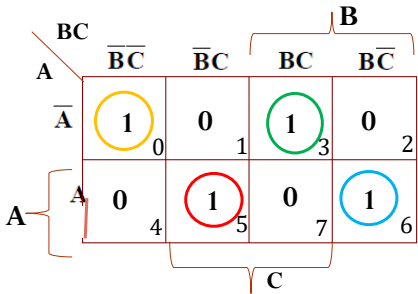
Even Function

$F = \overline{A \oplus B \oplus C}$

$F = \sum (0,3,5,6)$

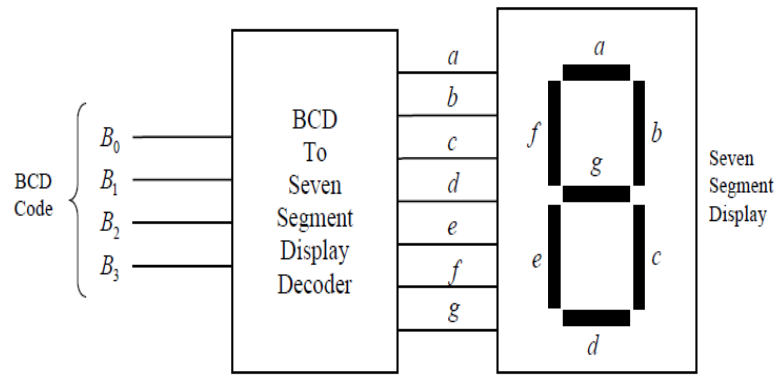


A	B	C	$\overline{A \oplus B \oplus C}$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0



38

صمم دائرة BCD to Seven Segment Display



دخل الدائرة عبارة عن رقم من الأرقام 0-9 ممثل في صورة شفرة BCD وخرجها عبارة عن الإشارات التي تتحكم في إضاءة القطع السبعة لعرض الرقم المدخل على الـ Seven Segment Display. أي قطعة من القطع السبعة عبارة ديود باعث للضوء (LED) يضيئ عند وضع القيمة 1 في الطرف الدخلى الخاص به ولا يضيئ عند وضع القيمة 0 في ذلك الطرف.

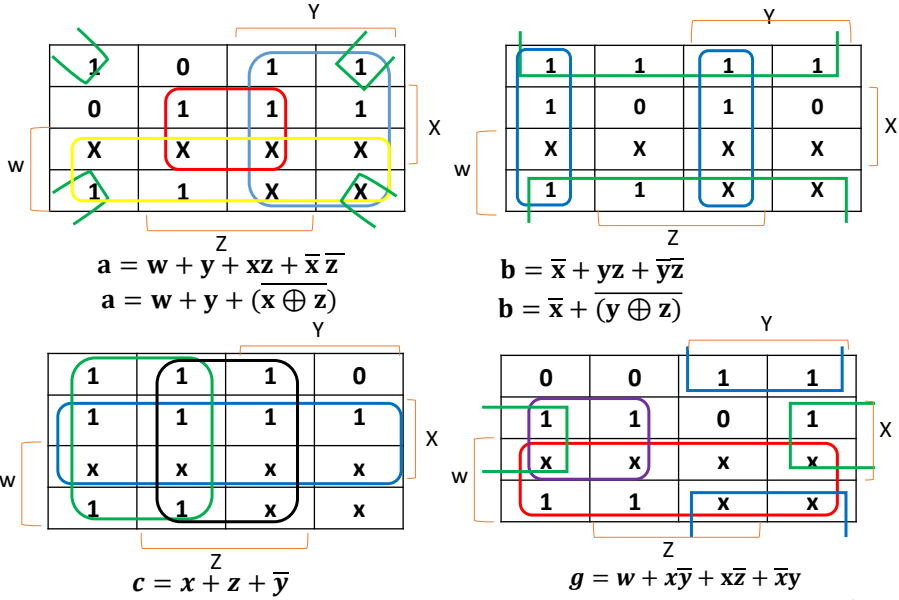
#	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
10	1	0	1	0	x	x	x	x	x	x	x
11	1	0	1	1	x	x	x	x	x	x	x
12	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x
13	1	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x
14	1	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x
15	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x

أولاً : نكتب جدول الصدق

ثانياً : التعبيرات المنطقية

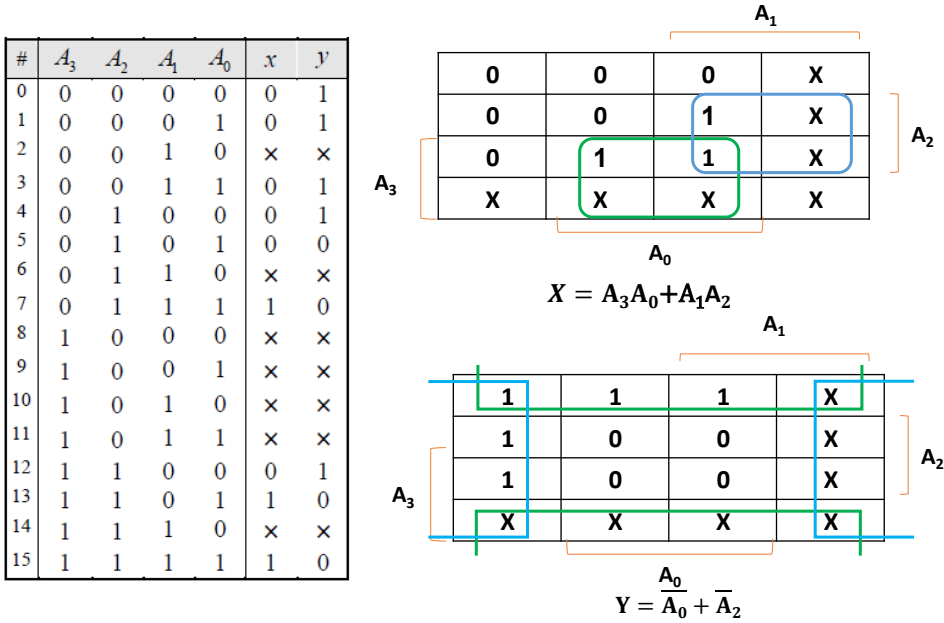
$$a = \sum m (0,2,3,5,6,7,8,9) + \sum d (10,11,12,13,14,15)$$
$$b = \sum m (0,1,2,3,4,7,8,9) + \sum d (10,11,12,13,14,15)$$
$$c = \sum m (0,1,3,4,5,6,7,8,9) + \sum d (10,11,12,13,14,15)$$
$$d = \sum m (0,2,3,5,6,8,9) + \sum d (10,11,12,13,14,15)$$
$$e = \sum m (0,2,6,8) + \sum d (10,11,12,13,14,15)$$
$$f = \sum m (0,4,5,6,8,9) + \sum d (10,11,12,13,14,15)$$
$$g = \sum m (2,3,4,5,6,8,9) + \sum d (10,11,12,13,14,15)$$

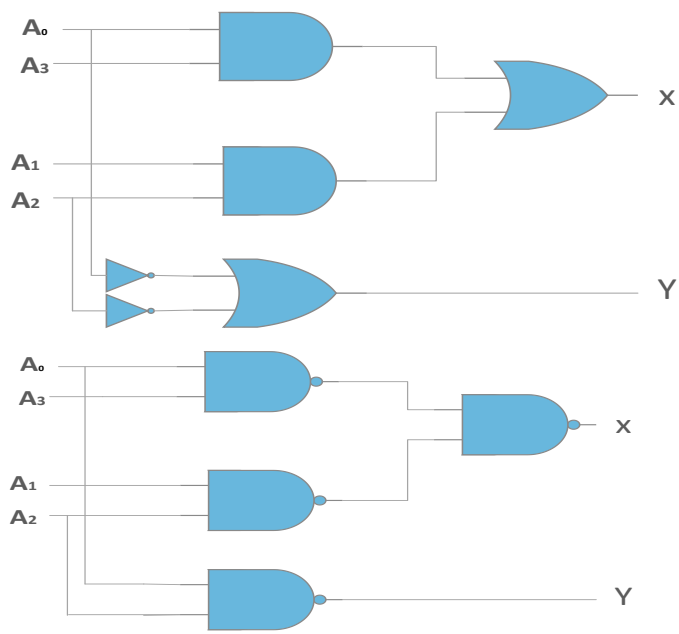
ثالثاً: نرسم خرائط كارنوف لكل مدخل لشاشة السبع مقاطع.



H.W أكمل باقي مداخل شاشة السبع مقاطع (d,e,f) ثم ارسم التصميم؟

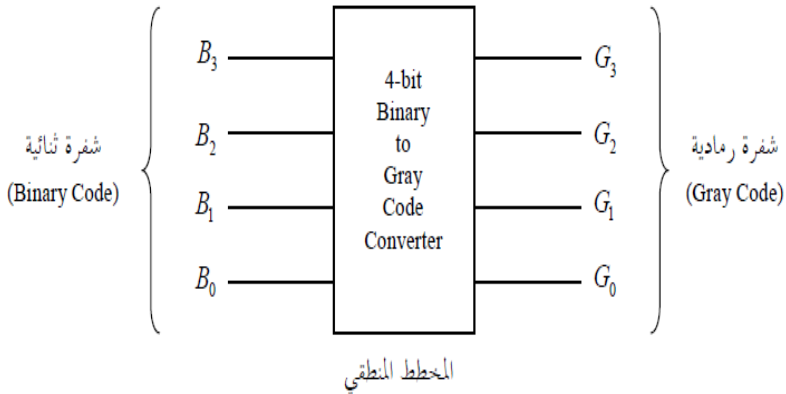
صمم الدائرة المنطقية حسب جدول الحقيقة الموضح ثم قم ببناء الدائرة باستخدام:  
بوابات الـ NAND فقط.





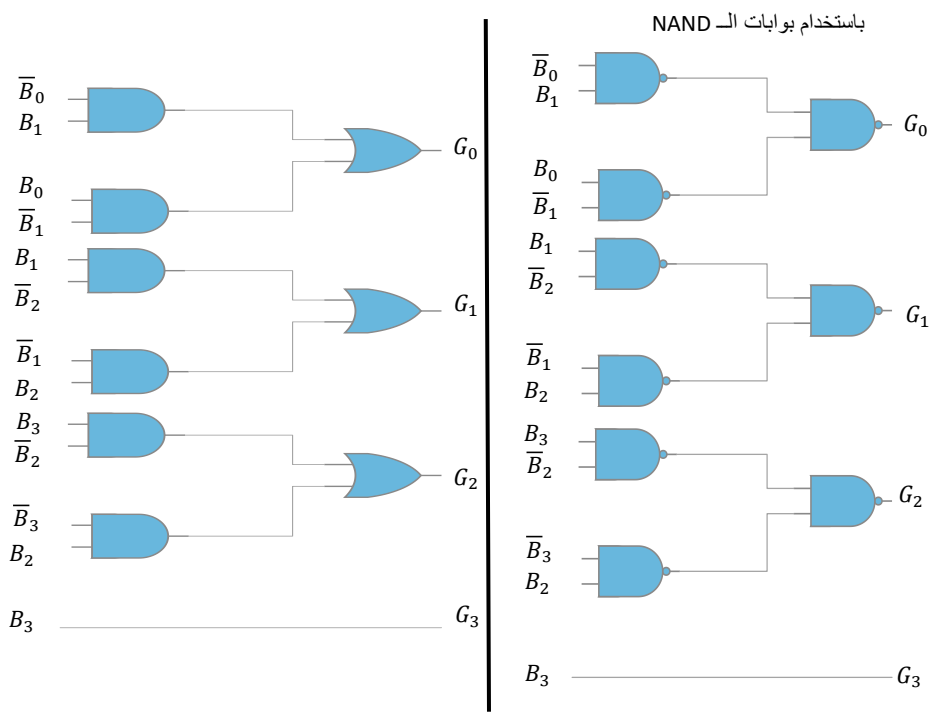
H.W قم ببناء الدائرة باستخدام بوابات الـ NOR فقط

صمم دائرة منطقية تقوم بتحويل شفرة ثنائية مكونة من 4 خانات إلى الشفرة الرمادية ثم قم ببناء الدائرة باستخدام بوابات الـ NAND فقط .



$$G_3 = f(B_3, B_2, B_1, B_0) = \sum m(8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)$$

ITGS126



Thank you